

an electrically operated switch and an electrically controlled microvalve.

WPIL

PLUSPAT - Temps en minutes : 0,57
Ces estimations sont calculees a partir des tarifs standards

Cout estime :	1,33 EUR H.T.
Documents visualises factures :	1
Cout estime :	1,16 EUR H.T.
Cout estime relatif a la derniere base :	2,49 EUR H.T.
Cout estime de la session :	3,11 EUR H.T.

Base selectionnee: WPIL

Bienvenue sur Derwent World Patent Index, (c) Derwent Information Ltd
UP (basic), UE(equiv), UA (poly), UB (chem) : mise a jour 2001-57
Les DSIs sont maintenant disponibles mensuellement : voir INFO DSI
Format a 11 chiffres pour Demandes de Brevets US : USYYYYNNNNNN/pn
Derniere mise a jour de la base : 2001/10/05 (AAAA/MM/JJ)

1 - /PN DE3809597 - 1

** Question 1, nombre de reponses 1

Doc. de qu 1 au format MAX avec image

1/1 WPIL(C) Derwent- image

AN - 1989-293564 [41]
XA - C1989-130031
XP - N1989-223888
TI - Micro-mechanical switches - have bi:metallic tong which deforms due to difference in thermal expansion coeffts. and sensors measuring deflection of tong
DC - L03 P81 Q57 S01 T06 V03 V07
PA - (FRAU) FRAUNHOFER-GES FORD ANGE
IN - BENECKE W; RIETHMULL W
NP - 3
NC - 13
PN - DE3809597 A 19891005 DW1989-41 9p *
AP: 1988DE-3809597 19880322
- W08909477 A 19891005 DW1989-42 Ger
AP: 1989WO-DE00156 19890310
DSNW: JP KR US
DSRW: AT BE CH DE FR GB IT LU NL SE
- DE3809597 C 19900322 DW1990-12
PR - 1988DE-3809597 19880322
CT - GB1584914; US4423401; US4585209; W08702472
2.Jnl.Ref
IC - C23F-001/00 F15C-005/00 G02B-026/08 G05D-003/00 G12B-001/02
H01H-001/00 H01H-037/52 H01L-021/20
AB - DE3809597 A
Micro-mechanical switch element consists of a substrate (5), a moveable tong (1) and a heater (3). The tong is made of two layers (1,2) of different material with different thermal expansion coefficients which deflect from each other depending on the

surrounding temperature. The deflected position of tong (1) is measured by sensor elements (6,7) whose resistance is determined by the deflection of tong (1). The sensors are arranged in the same circuit as electrical heater (3) located between the layers (1,2).

- USE/ADVANTAGE - As temperature monitor, light modulator, valve and electrical trip switch. The sensors enable instantaneous recording of the tong position without interference from fluctuations in the surrounding temperature. (1/4)

DEAB- DE3809597 C

Micro-mechanical switch element consists of a substrate (5), a moveable tong (1) and a heater (3). The tong is made of two layers (1,2) of different material with different thermal expansion coefficients which deflect from each other depending on the surrounding temperature. The deflected position of tong (1) is measured by sensor elements (6,7) whose resistance is determined by the deflection of tong (1). The sensors are arranged in the same circuit as electrical heater (3) located between the layers (1,2).

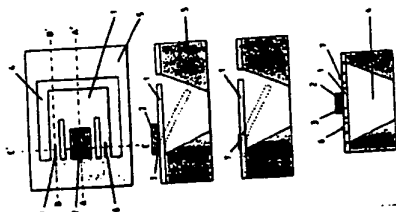
- USE/ADVANTAGE - As temperature monitor, light modulator, valve and electrical trip switch. The sensors enable instantaneous recording of the tong position without interference from fluctuations in the surrounding temperature. (10pp Dwg.No.1/4)

MC - CPI: L03-B04A L03-H04A

- EPI: S01-J09 T06-B V03-C V07-K01

UP - 1989-41

UE - 1989-42; 1990-12



STFI

Session terminee: 10/10/2001 17:19:01

WPIL - Temps en minutes : 0,84

Ces estimations sont calculees a partir des tarifs standards

Cout estime :	3,93 EUR H.T.
Documents visualises factures :	1
Cout estime :	4,27 EUR H.T.
Nombre d'images visualisees :	1
Cout estime :	0,64 EUR H.T.
Cout estime relatif a la derniere base :	8,84 EUR H.T.
Cout estime de la session :	11,95 EUR H.T.

QUESTEL.ORBIT vous remercie. A bientot.

?Current host setting :8 BITS - KERMIT protocol
Mode actif du serveur :8 BITS - protocole KERMIT

I - QUESTEL.ORBIT IMAGES Gif/Tiff

M - MERGED MARKUSH SERVICE (MMS)

D - DARC ONLINE

Q - QUESTEL.ORBIT (TTY/ASCII terminals)

C - Change your mode to 7 BITS and KERMIT protocol

⑩ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑪ DE 3809597 A1

⑳ Aktenzeichen: P 38 09 597.1
㉔ Anmeldetag: 22. 3. 88
㉕ Offenlegungstag: 5. 10. 89

⑤ Int. Cl. 4:
G 05 D 3/00
H 01 H 37/52
G 12 B 1/02
H 01 L 21/306
C 23 F 1/00
// C 30 B 25/02, 33/00

Behördenelgentum

DE 3809597 A1

⑦ Anmelder:

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung eV, 8000 München, DE

⑦ Erfinder:

Benecke, Wolfgang, Dipl.-Phys. Dr.; Riethmüller,
Werner, Dipl.-Ing., 1000 Berlin, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤ Mikromechanisches Stellelement

Beschrieben wird ein mikromechanisches Stellelement, dessen bewegliches Element aus einer Bimaterialzunge besteht. Erfindungsgemäß zeichnet sich das Stellelement dadurch aus, daß die Bimaterialzunge in eine vorgebbare Lage gebracht und dort gehalten werden kann. Mit Hilfe von integrierten Sensorelementen wird die momentane Lage der Zunge erfaßt. Das Meßsignal wird zur Positionsregelung in einem gemeinsamen Regelkreis mit dem Strom des Heizers des Bimaterials verknüpft. In den Ausführungsbeispielen werden Weiterbildungen des Stellelementes zu einem Lichtmodulator, einem elektrisch betriebenen Schalter und zu einem elektrisch gesteuerten Mikroventil beschrieben.

DE 3809597 A1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein mikromechanisches Stallelement nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

In der Schrift "Micromechanical Membrane Switches on Silicon" (IBM Journal Research Development, Vol. 23, 1979, S. 376—385) gibt K. E. Peters ein mikromechanisches Schaltelement an, das die unterschiedliche thermische Ausdehnung zweier übereinander angeordneter Materialien (Bimaterial) ausnützt. Bei einer bestimmten Umgebungstemperatur wechselt das Element seinen Schaltzustand.

Um die Höhe der Umschalttemperatur beeinflussen zu können, ist an dem Schaltelement eine zusätzliche Elektrode angebracht, die mit der beweglichen Schaltzunge einen Kondensator bildet und deren Lage mit Hilfe elektrostatischer Kräfte verändert. Ein Nachteil solcher elektrostatisch betriebener Elemente liegt darin, daß die elektrostatische Kraft rasch mit zunehmender Entfernung abnimmt, weshalb sich die Lage der Zunge beim Schaltvorgang nur minimal verändern darf.

In der Veröffentlichung "Micromechanical Silicon Actuators based on thermal expansion effects" (Transducers 1987) beschreiben W. Riethmüller, W. Benecke, U. Schnakenberg und A. Heuberger ein mikromechanisches Stallelement, dessen aktives Element, eine bewegliche Zunge aus einer Silizium-Metall-Schichtstruktur, mit Hilfe eines elektrischen Widerstandes geheizt werden kann.

Durch eine vorgebbare Heizleistung läßt sich die Lage der Bimaterial-Zunge um einen definierten Betrag verändern. Allerdings ist die jeweils aktuelle Stellung der Zunge nicht genau bestimmbar, da diese auch von der Umgebungstemperatur abhängt. Eine exakte Positionierung der Zunge ist damit nicht gewährleistet.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein positionierbares und regelbares mikromechanisches Stallelement anzugeben.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß auf einem mikromechanischen Stallelement zur Positionserfassung und Positionsregelung Sensorelemente angebracht sind.

Die Sensorelemente erfassen die momentane Stellung des aktiven Elementes und erlauben von der bekannten Stellung ausgehend, jede gewünschte Lageänderung. Die neue Lage kann unbeeinflusst durch Schwankungen der Umgebungstemperatur beibehalten werden.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet. Nach Anspruch 2 ist das Stallelement auf einem Silizium-Wafer in (100)-Orientierung aufgebaut. Damit findet als Ausgangsmaterial ein handelsüblicher Chip Verwendung. Um mit geringen Heizleistungen möglichst große Lageveränderungen herbeizuführen, besteht die Zunge nach Anspruch 3 aus einer Kombination von Materialien mit möglichst unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten. Die Schichtfolge ist so gewählt, daß die Zunge bei Erhöhung der Temperatur zur Substratseite hin gebogen wird. Nach Anspruch 4 ist der Heizer als hin gebogen. Nach Anspruch 4 ist der Heizer als elektrischer Widerstand zwischen oder auf den Schichten so angeordnet, daß eine gleichmäßige Erwärmung gewährleistet ist. Aufgrund der niedrigen Wärmekapazität der Zunge wird eine starke Temperaturerhöhung pro elektrischer Leistung erreicht.

Nach Anspruch 5 werden Sensorelemente verwendet, die den piezoresistiven Effekt ausnützen. Dieser statische Effekt ist bei Halbleitern insbesondere bei Silizium

gut ausgeprägt und eignet sich zur Messung von Zug- oder Druckbelastungen. Ein weiterer Vorzug ist, daß Piezowiderstände einfach mit der Technik integrierter Schaltungen herstellbar sind.

Nach Anspruch 6 können je nach Anwendungsfall zur Messung der Auslenkung auch magnetische, piezoelektrische, ferroelektrische oder kapazitive Effekte herangezogen werden. Wenn beispielsweise die Lageveränderung der Zunge detektiert werden soll, eignet sich der dynamische piezoelektrische Effekt. Für besonders gro ße Me ßempfindlichkeit wird die mechanische Spannung vorteilhaft mittels kapazitiver Signalwandlung bestimmt.

Um zu vermeiden, daß die Positionsbestimmung des aktiven Elementes durch die Betriebstemperatur beeinflusst wird, sind die Sensoren und der Heizer nach Anspruch 7 thermisch entkoppelt.

Bei einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung des Stallelementes sind nach Anspruch 8 alle Teile auf einem Halbleiterchip integriert. Nach Anspruch 9 werden Sensor- und Heizersignale in einem Regelkreis miteinander verknüpft. Dadurch wird die Zunge beispielsweise durch Regelung der Heizleistung in einer vorgebbaren Stellung gehalten. Um einen hohen Grad an Miniaturisierung zu erreichen, sind nach Anspruch 10 Regelkreis und Stallelement auf demselben Halbleiterchip integriert. Dadurch können gleichzeitig mehrere identische, regelbare mikromechanische Stallelemente hergestellt werden.

In der zitierten Schrift von Riethmüller, Benecke, Schnakenberg und Heuberger wird die Weiterbildung eines mikromechanischen Stallelementes zu einem Lichtmodulator, einem Schalter und zu einem Mikroventil erwähnt. Allerdings ist dort kein Weg aufgezeigt, wie die Weiterbildung erfolgen soll.

In Anspruch 11 ist eine Weiterbildung des Stallelementes zu einem Lichtmodulator gekennzeichnet, bei dem die Zunge mit einer spiegelnden Metallschicht überzogen ist. Der Vorteil dieser Vorrichtung liegt darin, daß sie sowohl in eine vorgebbare Richtung justiert werden kann als auch — bei Anlegen einer oszillierenden Spannung — zur Modulation eines Lichtstrahles geeignet ist.

In Anspruch 12 ist eine Weiterbildung des Stallelementes zu einem elektrisch angetriebenen Mikroventil gekennzeichnet. Es vereint die Vorteile bekannter Mikroventile, wie kleine Abmessungen und geringes Gewicht, mit einer besonders einfachen Funktionsweise und Herstellung. Nach den Ansprüchen 13 und 14 ist das Stallelement zu einem elektrisch angetriebenen Relais ausgestaltet.

Alle gekennzeichneten Weiterbildungen der Erfindung werden nach den Ansprüchen 15 und 16 vorteilhaft mit den in der Mikromechanik und in der Mikroelektronik bekannten Verfahren hergestellt und sind mit Standard-IC-Prozessen kompatibel. Die einzelnen Bestandteile werden dabei mit Hilfe planarer Lithographieprozesse strukturiert. Für den Betrieb der Stallelemente reichen die in der Mikroelektronik üblichen Spannungspegel aus. Das erfindungsgemäße mikromechanische Stallelement und seine Weiterbildungen zeichnen sich durch einen hohen Grad an Miniaturisierung, hohe Genauigkeit, große Zuverlässigkeit und niedrige Kosten aus.

Nachfolgend werden an Hand von Zeichnungen vier Ausführungsbeispiele dargestellt.

Es zeigen:

Fig. 1 ein Stallelement in Aufsicht (a) und Schnitte

entlang der Schnittlinien

AA'(b)
BB'(c)
CC'(d),

Fig. 2 eine Weiterbildung des Stellelementes zu einem elektrisch verstellbaren Spiegel im Querschnitt (a) und in Aufsicht (b).

Fig. 3 eine Weiterbildung des Stellelementes zu einem elektrisch angetriebenen Mikroventil im Querschnitt (a) und in Aufsicht (b).

Fig. 4 eine Weiterbildung des Stellelementes zu einem elektrisch gesteuerten Relais im Querschnitt (a) und in Aufsicht (b).

Fig. 5 die Verfahrensschritte zur Herstellung eines Stellelementes.

Die bewegliche Zunge (1) des Stellelementes in Fig. 1 besteht aus einer Schicht aus Silizium oder einer Siliziumverbindung (z.B. 4 dick) mit einem niedrigen thermischen Ausdehnungskoeffizienten. Sie ist zur Bildung eines Bimaterials partiell mit einer Metallschicht (2) mit einem wesentlich höheren Ausdehnungskoeffizienten (z.B. eine 2 dicke Goldschicht) bedeckt. Zwischen diesen Schichten oder auf der Metallschicht ist ein elektrisch betriebener Heizwiderstand (3) angeordnet (z.B. aus polykristallinem Silizium). Wegen des größeren thermischen Ausdehnungskoeffizienten des Metalls wird die bewegliche Zunge in Richtung einer Ätzgrube (4) gedrückt, die mit Hilfe anisotroper Ätzmethoden in das Substrat (5) geätzt ist. Die gestrichelte Linie gibt eine mögliche Position der ausgelenkten Zunge an.

Da die absolute Temperatur der beiden Schichten (1, 2) die augenblickliche Position der Zunge bestimmt, wird diese sowohl durch Änderungen der Umgebungstemperatur als auch durch die Bedingungen der Wärmeableitung beeinflusst. Zur Messung der momentanen Position der Zunge sind deshalb auf dem Stellelement Sensoren (6, 7) angebracht (z.B. Piezowiderstände aus Silizium), deren Widerstand von der Auslenkung der Zunge abhängt. Die Sensoren (6, 7) und der Heizwiderstand (3) werden in einem gemeinsamen elektrischen Regelkreis so verknüpft, daß die bewegliche Zunge in jeder gewünschten Position gehalten werden kann. Zur thermischen Entkopplung der Sensoren von dem Heizwiderstand ist die Zunge aus drei Stegen zusammengesetzt, die in eine gemeinsame Fläche einmünden. Auf den seitlichen Stegen sind die Sensoren (6, 7), auf dem Mittelsteg ist der Heizwiderstand (3), angebracht.

Bei der Weiterbildung des Stellelementes in Fig. 2 ist die bewegliche Zunge (1) als Steg mit einem verbreiterten losen Ende ausgebildet, das mit einer hochreflektierenden Metallschicht überzogen ist. Auf dem schmalen Bereich des Steges sind die Metallschicht (2), der Heizwiderstand (3) und die Sensoren (6, 7) angebracht. Diese Weiterbildung stellt einen elektrisch steuerbaren Lichtmodulator dar. In der Ausgangsstellung wird ein einfallender Lichtstrahl (8) in sich selbst reflektiert; in der durch die gestrichelte Linie angedeuteten Stellung verläßt der Lichtstrahl (9) den Modulator unter einem einstellbaren Reflexionswinkel. Zur Vergrößerung der spiegelnden Fläche können viele Modulatoren auf einem Chip im Gleichtakt betrieben werden. Um verschiedene Teile eines Lichtstrahles in unterschiedliche Richtungen zu reflektieren, werden die Modulatoren einzeln angesteuert.

Die in Fig. 3 dargestellte Weiterbildung des Stellelementes stellt ein mikromechanisches Ventil dar. Die bewegliche Zunge (1) ist als Steg mit einem verbreiterten losen Ende ausgebildet, das als Ventilplatte dient. Auf dem schmalen Bereich des Steges sind die Metallschicht (2), der Heizwiderstand (3) und die Sensoren (6, 7) angebracht. Die Zunge (1) wird durch eine Distanzschicht (10) (z.B. eine epitaktisch abgeschiedene Siliziumschicht) in Abstand vom Substrat (5) gehalten. Die Ätzgrube (4) in Form einer Ventilöffnung ausgebildet. Durch Einschalten des Heizwiderstandes (3) wird die als Ventilplatte ausgebildete Zunge (1) gegen die Ventilöffnung gepreßt. Da die Zunge im Bereich des schmalen Endes nachgiebiger ist als im Bereich des breiten Endes, nimmt sie die durch die gestrichelte Linie angedeutete Form an.

Die in Fig. 4 dargestellte Weiterbildung des Stellelementes dient zum Schalten eines elektrischen Kontaktes. Auf dem losen Ende der beweglichen Zunge (1) ist ein Schaltkontakt (11) aus Metall angebracht, während die Zunge im Bereich des festen Endes mit einer Metallschicht (2) zu einem Bimaterial ausgebildet ist und einen Heizwiderstand (3) aufweist. Gegenüber dem Schaltkontakt (11) sind auf dem Substrat zwei Elektroden (12, 13) angeordnet, die nach Aktivierung der Zunge (1) durch den Kontakt (11) elektrisch kurzgeschlossen werden.

Die in den Fig. 2, 3 und 4 dargestellten Ausführungsbeispiele werden dadurch vorteilhaft weitergebildet, daß die Sensorelemente auf separaten Stegen untergebracht und damit von dem Heizwiderständen entkoppelt sind.

Die Verfahrensschritte zur Herstellung eines regelbaren Stellelementes sind in Fig. 5 schematisch dargestellt.

- a) Auf eine Siliziumscheibe in (100)-Orientierung, die als Substrat (5) dient, wird eine hoch-bordotierte Siliziumschicht (14) epitaktisch abgeschieden. Sie liefert das Material für die bewegliche Zunge (1). Nacheinander werden eine Passivierungsschicht (15) (z.B. Siliziumnitrit) und — als Material sowohl für den Heizwiderstand (3) als auch die Sensoren (6, 7) — eine polykristalline Siliziumschicht (16) abgeschieden, die anschließend dotiert wird.
- b) Mit Hilfe lithographischer Prozesse und durch Ätzen der polykristallinen Siliziumschicht (16) werden der Heizwiderstand (3) und die Sensoren (6, 7) hergestellt. Nach Aufbringen einer Passivierungsschicht (17) folgen weitere Lithographieschritte.
- c) Eine Metallschicht wird abgeschieden und durch lithographische Schritte und einem Ätzprozeß zur zweiten Schicht (2) des Bimaterials geformt.
- d) Durch isotropes Ätzen der Epitaxieschicht (14) wird die Zunge (1) und durch anisotropes Ätzen des Substrats (5) die Ätzgrube (4) her-
ausgebildet.

Anstelle der hoch-bordotierten Siliziumschicht kann als Material für die bewegliche Zunge auch eine niedrig dotierte Schicht Verwendung finden. Der Ätzprozeß wird dann durch einen elektrochemischen Ätzstop an der Schichtoberfläche beendet.

Patentansprüche

1. Mikromechanisches Stellelement, bestehend aus einem Substrat, einer beweglichen Zunge und ei-

5

nem Heizer, wobei die Zunge aus übereinander angeordneten Schichten verschiedener Materialien mit unterschiedlicher thermischer Ausdehnung aufgebaut ist, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem Stellelement zur Positionserfassung und Positionsregelung der Zunge (1) Sensorelemente (6,7) angebracht sind.

2. Mikromechanisches Stellelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat (5) aus einem Silizium-Wafer mit (100)-Orientierung besteht.

3. Mikromechanisches Stellelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die bewegliche Zunge aus zwei Schichten zusammengesetzt ist, wobei die substratnähere Schicht aus Silizium oder Siliziumverbindungen und die darüberliegende Schicht aus einem Metall besteht.

4. Mikromechanisches Stellelement nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Heizer (3) als Widerstand ausgebildet und zwischen den Schichten angeordnet ist, und aus Silizium oder Metall besteht.

5. Mikromechanisches Stellelement nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensorelemente (6, 7) als Piezowiderstände ausgebildet sind.

6. Mikromechanisches Stellelement nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensorelemente (6,7) auf magnetischen, piezoelektrischen, ferroelektrischen oder kapazitiven Effekten beruhen.

7. Mikromechanisches Stellelement nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß alle Teile des Stellelementes auf einem Halbleiterchip integriert sind.

8. Mikromechanisches Stellelement nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensorelemente (6, 7) von dem Heizelement (3) thermisch entkoppelt sind.

9. Mikromechanisches Stellelement nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß Heizer und Sensor über einen gemeinsamen Regelkreis miteinander verknüpft sind.

10. Mikromechanisches Stellelement nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Regelkreis und das Stellelement auf demselben Halbleiterchip integriert sind.

11. Mikromechanisches Stellelement nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Zunge des Stellelementes wenigstens teilweise als Spiegel ausgebildet ist.

12. Mikromechanisches Stellelement nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat eine Ventilöffnung aufweist und ein Ende der Zunge durch eine Distanzschicht (10) in Abstand vom Substrat gehalten wird.

13. Mikromechanisches Stellelement nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat und die Zunge mit jeweils wenigstens einer elektrischen Kontaktplatte (11 bzw. 12, 13) versehen sind, und daß korrespondierende Kontaktplatten auf dem Substrat und der Zunge übereinander angeordnet sind.

14. Mikromechanisches Stellelement nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktplatten so angeordnet sind, daß eine Kontaktplatte (11) der Zunge durch Überbrücken von zwei Kontaktplatten (12, 13) auf dem Substrat einen

Stromkreis schließen kann.

15. Verfahren zur Herstellung eines mikromechanischen Stellelementes, dadurch gekennzeichnet, daß die Strukturen des Stellelementes mit planaren Lithographieprozessen definiert werden.

16. Verfahren zur Herstellung eines mikromechanischen Stellelementes nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die in der Mikromechanik bekannten Verfahren wie epitaktische Abscheidung, Ätzen mit definiertem Ätzstop und anisotropes Ätzen angewendet werden.

- Leerseite -

3809597

Nummer:
Int. Cl. 4:
Anmeldetag:
Offenlegungstag:

38 09 597
G 05 D 3/00
22. März 1988
5. Oktober 1989

13

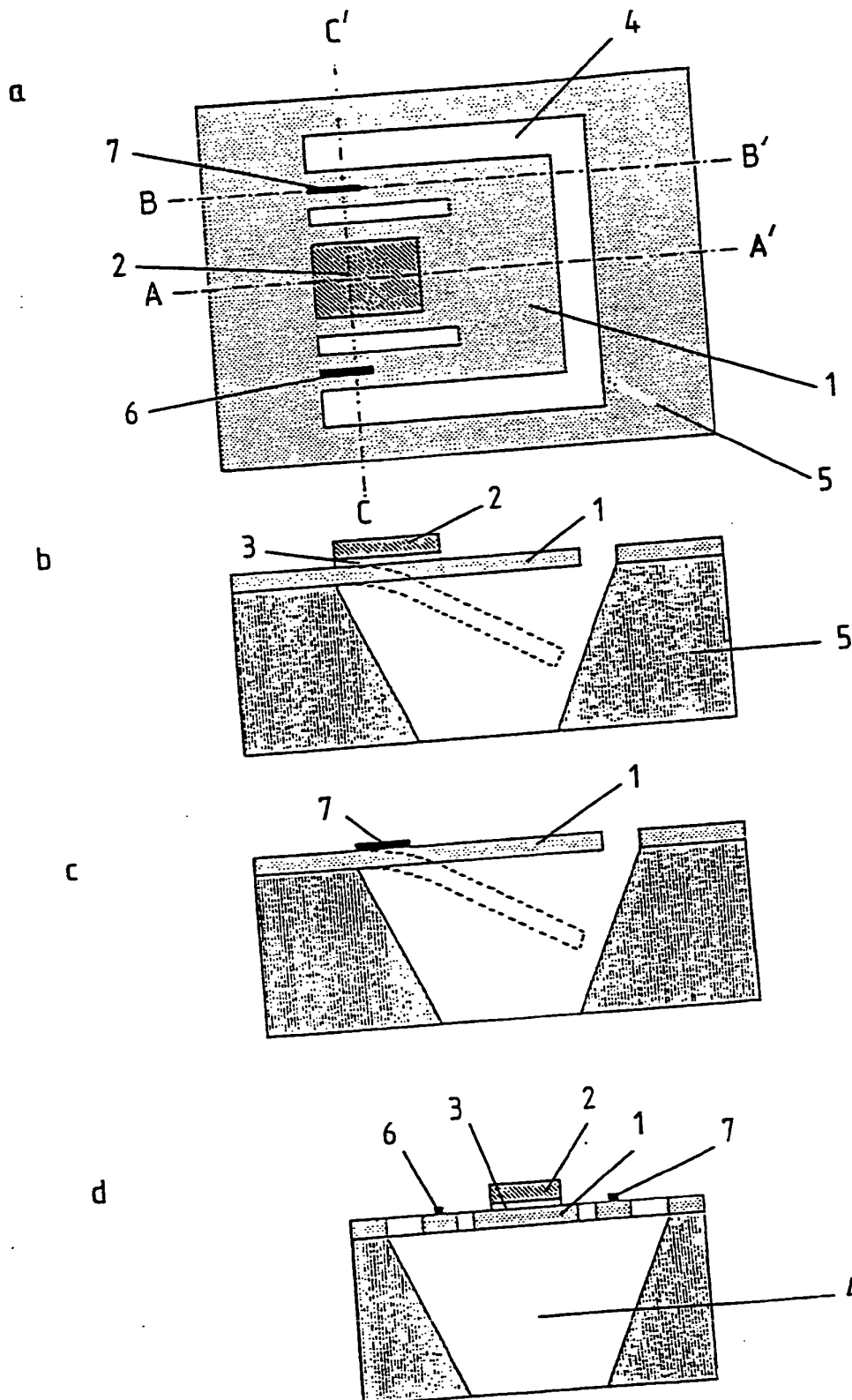


Fig. 1

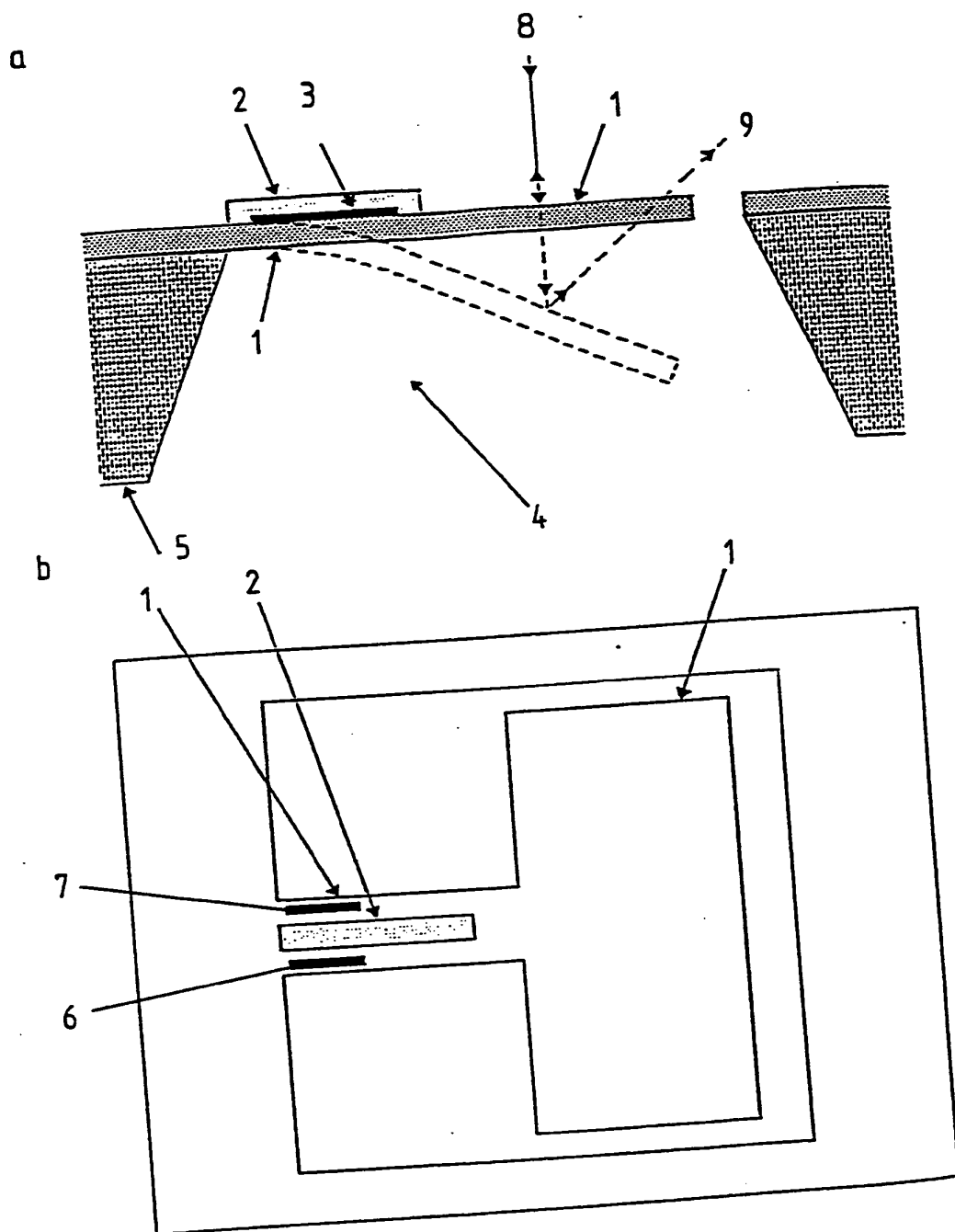


Fig. 2

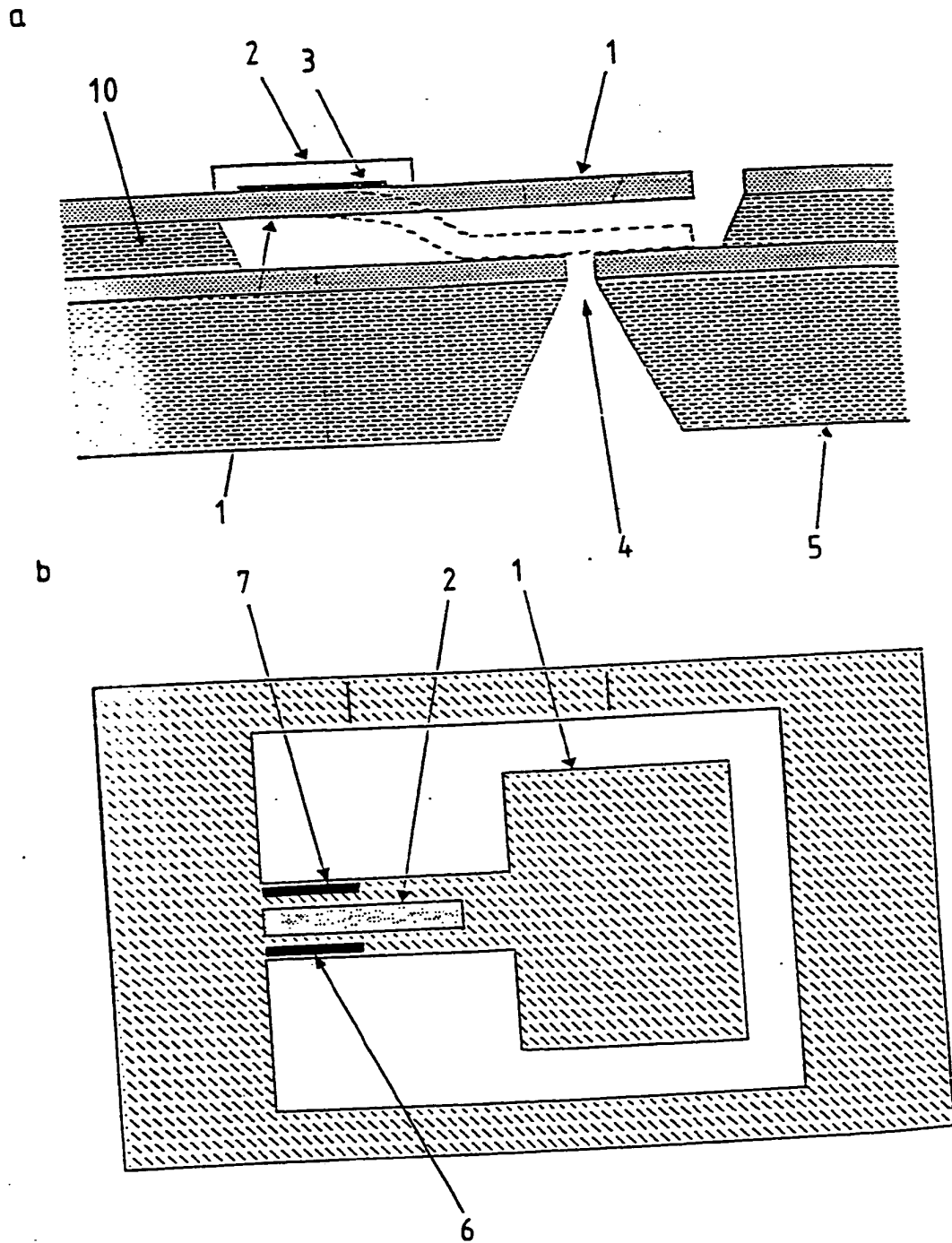


Fig. 3

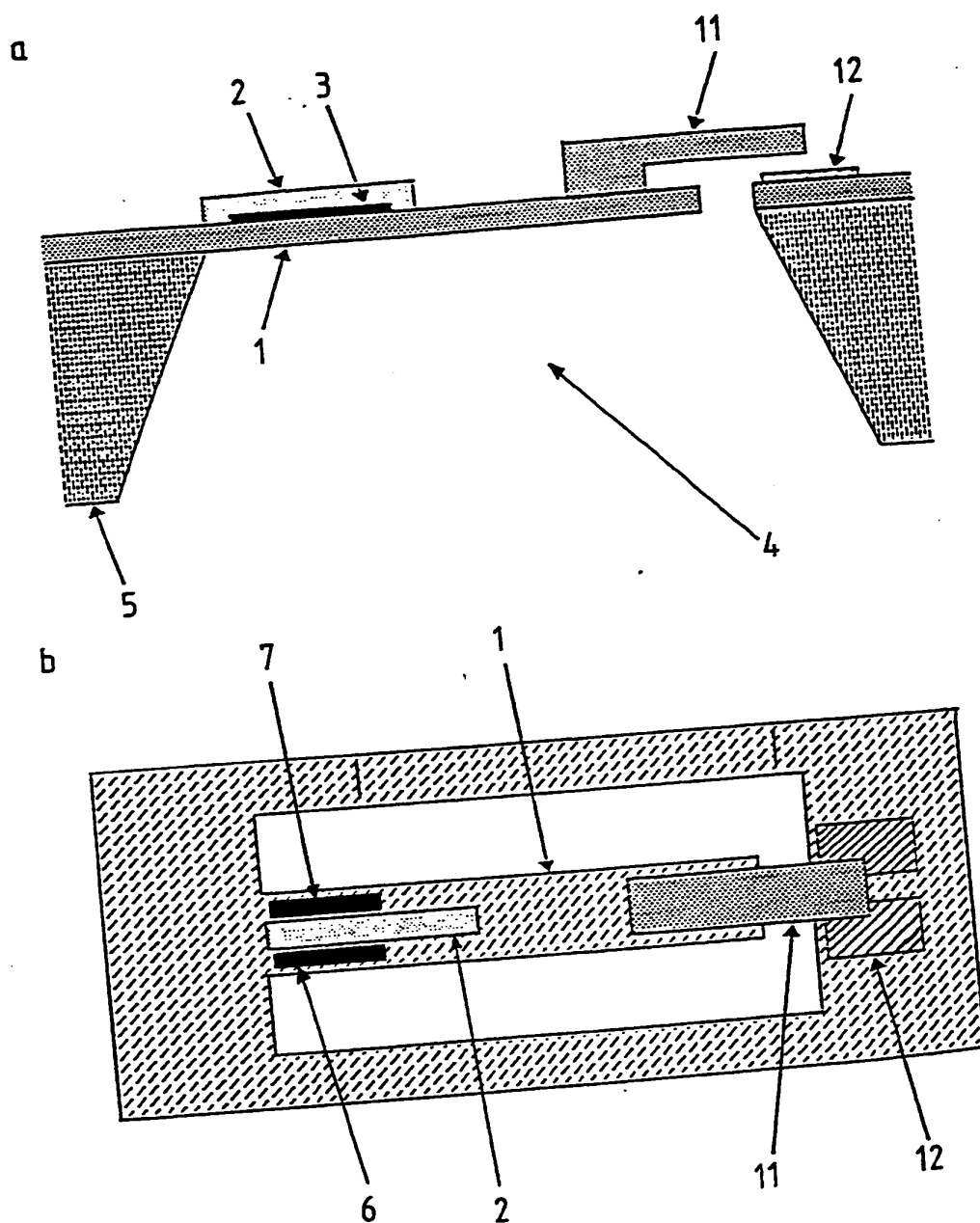


Fig. 4

3809597

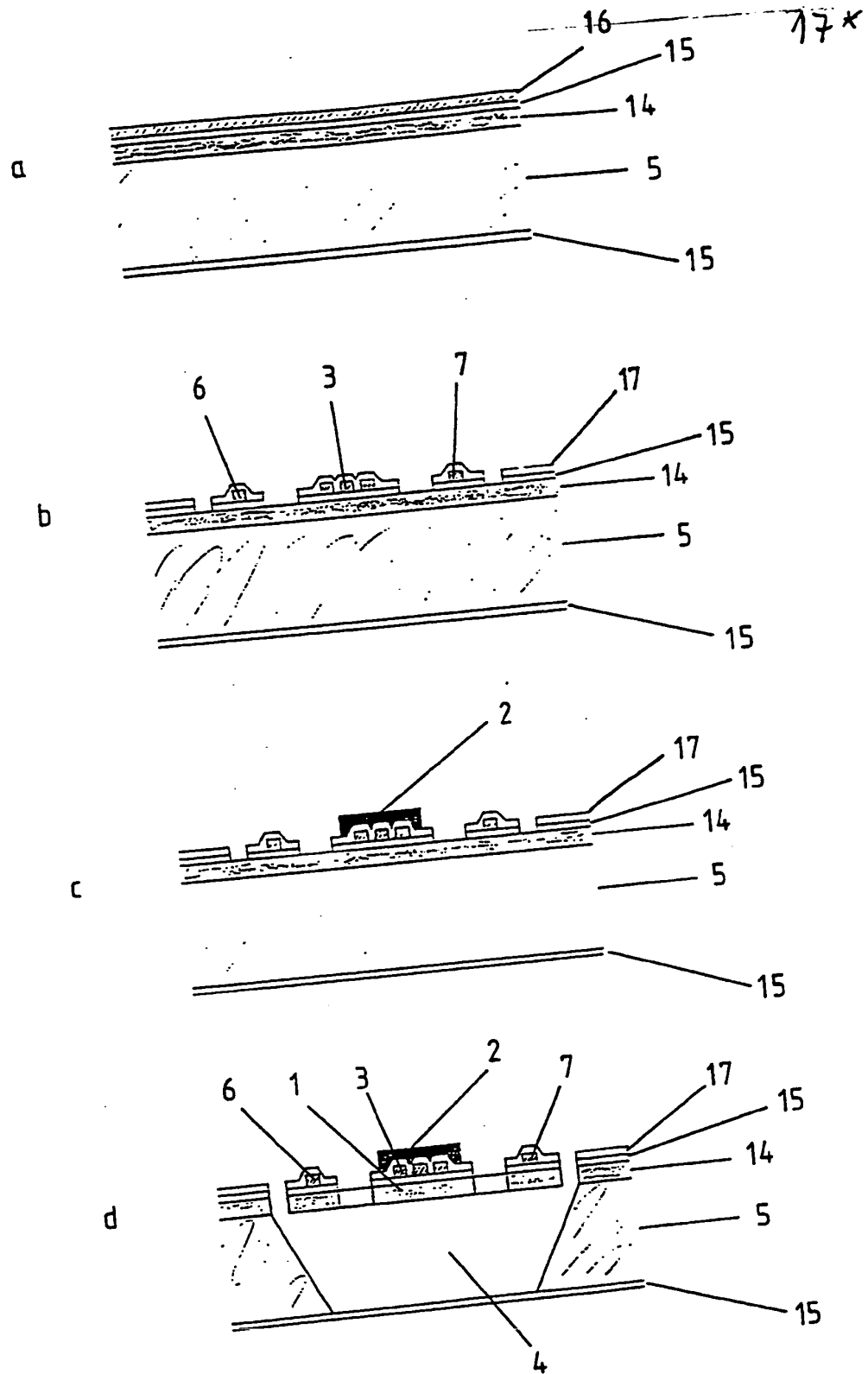


Fig. 5